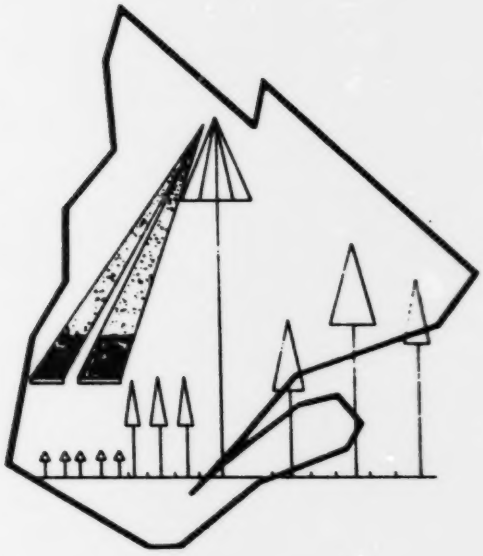
Résidus de 2,4,5-T dans divers types de végétation après pulvérisations terrestres en milieu forestier (1983)

Par: Pierre Léveillé, biologiste
Luc Laberge, biologiste



Québec

RESIDUS DE 2,4,5-T DANS DIVERS TYPES DE VEGETATION APRES PULVERISATIONS TERRESTRES EN MILIEU FORESTIER (1983)

Par: Pierre Léveillé, biologiste
Luc Laberge, biologiste

GOUVERNEMENT DU QUEBEC
MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES
SERVICE PEPINIERES ET REBOISEMENT

Québec, octobre 1984

AVANT-PROPOS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur participation indispensable à la réalisation de ce travail:

Madame Sylvie Brulotte:	Biologiste, ministère de l'Energie et des Ressources.
Madame Gisèle Couture:	Technicienne en aménagement de la faune, ministère de l'Energie et des Ressources.
Madame Guylaine Trudeau Carrier:	Chimiste, Eco-Recherches Inc.
Madame Linda Laflamme:	Dactylographe, ministère de l'Energie et des Ressources.
Madame Micheline Caron:	Etudiante.

RESUME

A l'été 1983, les résidus de 2,4,5-T ont été mesurés dans le feuillage et les ramilles de plantes herbacées et ligneuses après une pulvérisation terrestre en milieu forestier. Trente échantillons ont été récoltés sur une période d'un mois après traitement. Dans le feuillage du Framboisier (Rubus idaeus), les résidus de 2,4,5-T se sont maintenus aux environs de 200 µg/g (poids sec) pendant cette période. Chez l'Epilobe (Epilobium angustifolium) les résidus atteignirent un maximum de 70 µg/g deux semaines après traitement et diminuèrent à 38 µg/g à la fin du mois. Chez l'Aster (Aster macrophyllus) les résidus ont fortement baissé de 67,1 µg/g à 8,4 µg/g pendant la même période. Chez le Bouleau (Betula alleghaniensis et B. papyrifera), ils ont également montré une diminution de 207 à 102 µg/g dans le feuillage, et de 55,9 µg/g à 27,7 µg/g dans les ramilles. Des échantillons ponctuels pour l'Erable rouge (Acer rubrum) et le Cerisier de Pennsylvanie (Prunus pensylvanica) ont montré des résidus du même ordre de grandeur que ceux des Bouleaux. Ces résultats sont comparables à ce que l'on retrouve généralement dans la littérature.

TABLE DES MATIERES

Page

RESUME v

LISTE DES TABLEAUX viii

LISTE DES FIGURES ix

1. INTRODUCTION 1

2. DESCRIPTION DES PROJETS DE PULVERISATION 3

   2.1 Superficies traitées 3

   2.2 Produit et techniques de pulvérisation 3

3. MATERIEL ET METHODES 5

   3.1 Matériel et technique de prélèvement 5

   3.2 Méthode analytique et contrôles 5

   3.3 Description de l'échantillonnage 7

   3.4 Description des stations d'échantillonnage 9

      3.4.1 Description des stations du projet Bungay 9

      3.4.2 Description des stations du projet Rimouski 11

4. RESULTATS ET DISCUSSION 14

   4.1 Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du framboisier 14

   4.2 Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage de deux espèces herbacées 16

   4.3 Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage et les ramilles d'espèces ligneuses 18

5. CONCLUSION 21

BIBLIOGRAPHIE 22

ANNEXE 1. Codes d'identification des espèces végétales 25

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU I	- Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du Framboisier (*Rubus idaeus*)	15
TABLEAU II	- Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage de l'Aster à grandes feuilles (*Aster macrophyllus*) et de l'Epilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium*)	16
TABLEAU III	- Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage et les ramilles de Bouleaux (*Betula alleghaniensis* et *B. papyrifera*).	18
TABLEAU IV	- Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du Cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica*) et dans le feuillage et les ramilles de l'Erable rouge (*Acer rubrum*)	20

LISTE DES FIGURES

Page

FIGURE 1 - Localisation et schéma du projet Bungay 4

FIGURE 2 - Localisation et schéma du projet Rimouski 4

FIGURE 3 - Projet Bungay, disposition des stations d'échantillonnage 8

FIGURE 4 - Projet Rimouski, disposition des stations d'échantillonnage 8

FIGURE 5 - Physionomie du couvert végétal dans les stations de l'Aster à grandes feuilles, de l'Erable rouge et du Cerisier de Pennsylvanie du projet Bungay 10

FIGURE 6 - Physionomie du couvert végétal dans les stations du Framboisier, de l'Epilobe à feuilles étroites, des Bouleaux et du Cerisier de Pennsylvanie du projet Rimouski 12

FIGURE 7 - Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles du Framboisier (Rubus idaeus) du projet Rimouski 15

FIGURE 8 - Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles de l'Epilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium) du projet Rimouski 17

FIGURE 9 - Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles de l'Aster à grandes feuilles (Aster macrophyllus) du projet Bungay 17

FIGURE 10 - Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles de Bouleaux (Betula alleghaniensis et B. papyrifera) du projet Rimouski . . . 18

FIGURE 11 - Résidus de 2,4,5-T dans les ramilles de Bouleaux (Betula alleghaniensis et B. papyrifera) du projet Rimouski . . . 19

1. INTRODUCTION

En 1983, le ministère de l'Energie et des Ressources, dans le cadre de son programme d'entretien de plantations, a utilisé des phytocides pour contrôler la végétation compétitive des espèces reboisées. Les pulvérisations furent réalisées uniquement par voie terrestre et avec le 2,4,5-T (acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique).

Lors de ces pulvérisations, plusieurs études ont été réalisées pour mieux connaître le comportement du 2,4,5-T dans diverses composantes de l'environnement. Le milieu aquatique (Léveillé et Laberge, 1984a), le sol (Laberge et Léveillé, (——)) et les fruits sauvages (Léveillé et Laberge, 1984b) ont fait l'objet de suivis environnementaux distincts. Une étude a également été réalisée chez les travailleurs qui ont effectué les travaux de pulvérisation (Tat-Ha, 1984).

Le présent travail avait plus spécifiquement comme objectif d'évaluer les concentrations de 2,4,5-T et leur persistance dans le feuillage et les ramilles de quelques espèces de plantes herbacées et ligneuses.

Le Conseil national de recherches Canada (1979) et Norris (1981) mentionnent que les quantités de résidus varient beaucoup selon les conditions environnementales et surtout selon les espèces végétales étudiées. L'étude à donc été réalisée pour connaître le comportement du 2,4,5-T dans des conditions et chez des espèces végétales rencontrées au Québec.

Les espèces compétitives que l'on retrouve le plus fréquemment dans les superficies reboisées, sont: le Framboisier (Rubus idaeus), l'Erable rouge (Acer rubrum), l'Erable à épi (Acer spicatum), le Bouleau jaune (Betula alleghaniensis), le Bouleau à papier (Betula papyrifera), le Tremble (Populus tremuloides), le Cerisier de Pennsylvanie (Prunus pensylvanica) et finalement l'Epilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium) (Bélanger et coll., 1982).

Les espèces que nous avons choisies d'échantillonner, en plus d'être représentatives de la végétation qui doit être contrôlée, peuvent également ser-

vir comme source de nourriture pour les animaux ou produire des fruits susceptibles d'être cueillis par les humains. Les résultats de cette étude pourront donc servir à évaluer les niveaux d'exposition associés à la consommation de la végétation traitée au 2,4,5-T.

2. DESCRIPTION DES PROJETS DE PULVERISATION

2.1 Superficies traitées

Deux projets ont été sélectionnés pour cette étude. Ces projets ont eu lieu dans l'est de la province de Québec. Le premier était situé à 40 km au sud de la ville de Rivière-du-Loup dans le canton Bungay. Le projet avait une superficie totale de 145 ha de plantation d'Epinette blanche envahie par le Peuplier faux-tremble, le Cerisier de Pennsylvanie et l'Erable rouge. Les stations d'échantillonnage furent réparties sur les 14 hectares traités la première journée des opérations i.e. le 28 juillet 1984. (figure 1)

Le second, était situé dans la Réserve de Rimouski à 50 km au sud-est de la ville de Rimouski. Le projet avait une superficie totale de 200 ha reboisés avec de l'Epinette noire envahie par le Framboisier. Toutes les stations d'échantillonnage étaient regroupées sur une superficie de 15,2 ha et furent traitées le 25 juillet 1984. (figure 2)

2.2 Produit et techniques de pulvérisation

Le 2,4,5-T, sous forme ester isooctylique à faible volatilité de marque Brush-Rhap^{MD}, a été appliqué sur toutes les superficies des projets Bungay et Rimouski. Le produit contenait 719 g i.a. (grammes d'ingrédients actifs) par litre.

La pulvérisation terrestre dans le projet Bungay a été réalisée avec un pulvérisateur à barillet de type Boomjet^{MD}. La bouillie, pulvérisée au taux de 450 l/ha, était constituée de 1% de 2,4,5-T et de 99% d'eau. La dose théorique était de 3 kg i.a./ha. Durant les cinq premiers jours, le mauvais fonctionnement d'une pompe a provoqué une diminution de la dose à 2,4 kg i.a./ha sur 47 hectares (Anonyme, 1983a) dont les 14 hectares où étaient situées les stations d'échantillonnage.

Dans le projet Rimouski, un appareil semblable fut utilisé avec les mêmes critères d'opération. Un pulvérisateur à air forcé a également été employé sur la superficie de 15,2 ha où étaient situées les stations. La dose mesurée après traitement pour la superficie échantillonnée, fut de 2,2 kg i.a./ha. Cette dose est également inférieure à la dose prévue à cause de problèmes de calibration des pulvérisateurs (Anonyme, 1983b).

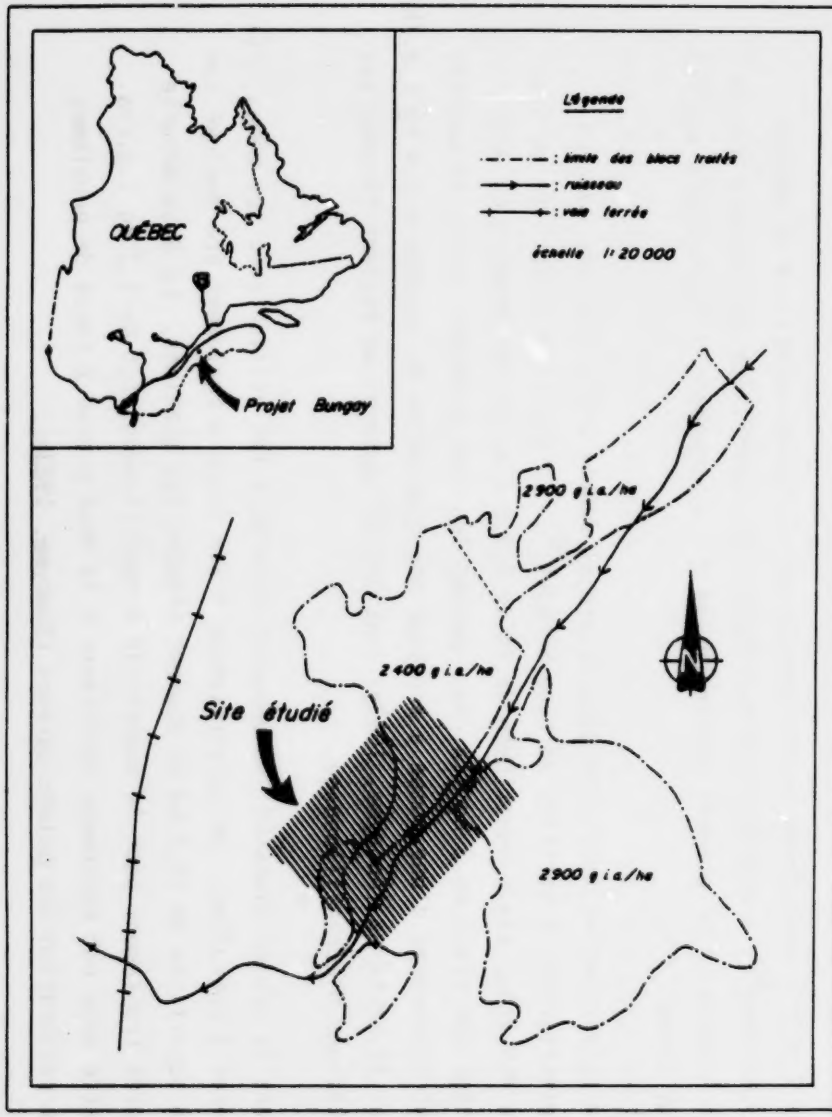


Figure 1: Localisation et schéma du projet Bungay.

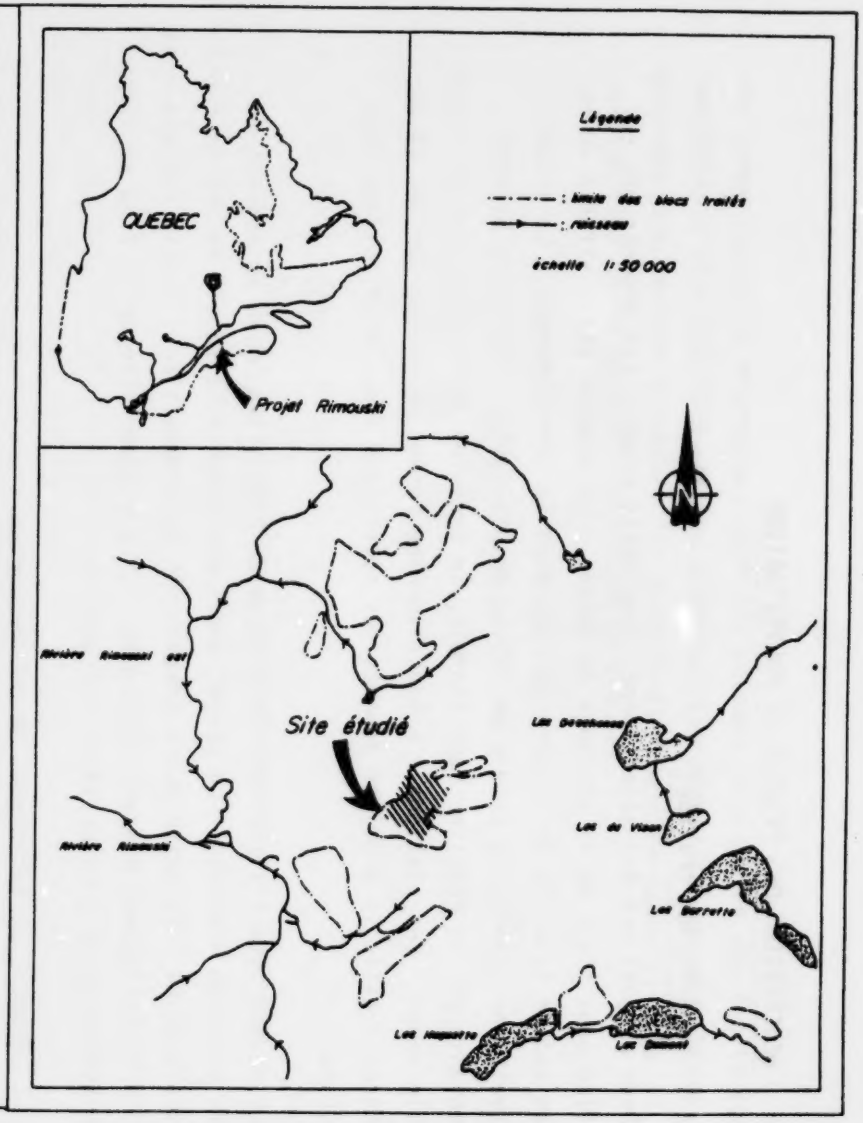


Figure 2: Localisation et schéma du projet Rimouski.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel et technique de prélèvement

Récipients

Des récipients en verre de marque Mason^{MD}, d'une capacité de 500 ml pour les ramilles et de 1 000 ml pour le feuillage, ont été utilisés pour la cueillette des échantillons. Les récipients ont été préalablement décontaminés par un lavage à l'alcool éthylique, suivi d'un rinçage à l'acétone et finalement d'un dernier rinçage à l'hexane.

Un papier d'aluminium, décontaminé selon le même processus, fut inséré entre l'ouverture et le couvercle du récipient pour empêcher l'adsorption des résidus de 2,4,5-T dans les composantes en matière plastique du couvercle.

Pinces et ciseaux

Des pinces et des ciseaux en acier inoxydable ont été utilisés pour toutes les cueillettes, évitant ainsi tout contact des mains avec l'échantillon. Les instruments étaient décontaminés avant chaque cueillette par un lavage à l'alcool éthylique, puis à l'acétone et finalement à l'hexane.

Technique de prélèvement

Les feuilles et les ramilles ont été recueillies au moyen des pinces et déposées directement dans les récipients. Après la récolte de l'échantillon, l'extérieur du récipient était recouvert de papier d'aluminium pour intercepter la lumière. Sur le terrain, les échantillons étaient conservés au frais dans une glacière et ensuite expédiés au laboratoire où ils étaient congelés jusqu'à leur analyse.

3.2 Méthode analytique et contrôles

Eco-Recherches Inc., un laboratoire privé, a effecté les analyses du 2,4,5-T dans les tissus végétaux.

La méthode utilisée permet un dosage quantitatif du 2,4,5-T tout en éliminant la matière organique grâce à un traitement basé sur la différence de

solubilité du 2,4,5-T en milieu basique et en milieu acide ainsi que par le contrôle de la polarité des solvants d'extraction. La précision des résultats est évaluée à environ 8% tandis que la limite de détection obtenue se situait à 0,06 µg/g de poids frais. Le pourcentage d'humidité a été déterminé par séchage au four d'un gramme de l'échantillon initial.

L'analyse proprement dite a été faite de la façon suivante:

Environ 10 g d'échantillon sont extraits à l'aide de 200 ml de NaOH 0,1 N dans un mélangeur. La solution est ensuite acidifiée et le 2,4,5-T extrait à l'aide d'un mélange éther/hexane 3:7. L'herbicide est alors extrait de la phase organique à l'aide de bicarbonate de sodium 0,1 N. La solution aqueuse est acidifiée et le 2,4,5-T réextrait à l'aide d'éther. L'éther est ensuite échangé pour du méthanol et le dérivé est formé grâce à une réaction avec le BF_3-méthanol. Les esters méthyliques sont alors extraits avec de l'hexane et analysés en chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un détecteur à capture électronique.

Les appareils utilisés avaient les caractéristiques suivantes:

1. Chromatographe en phase gazeuse équipé d'un détecteur à capture électronique (Ni^{63}).
2. Colonnes pour la chromatographie en phase gazeuse:
   7% OV-17 + 4% QF-1 sur Gaz Chrom. Q., 80-100 mailles
   3,6% OV-101 + 5,5% OV-210 sur Chromosorb W, 80-100 mailles
   3% OV-17 sur Chromosorb W, HP, 80-100 mailles.
3. Gaz porteur: 5% méthane dans l'argon.
4. Conditions d'opération:
   Colonne - 200°C
   Injecteur - 250°C
   Détecteur - 300°C
   Gaz porteur - 60 ml/min.

Deux échantillons contrôles ont été choisis et enrichis artificiellement avec du 2,4,5-T. Ces contrôles provenaient d'une étude parallèle sur les résidus dans les fruits sauvages (Léveillé et Laberge, 1984b). Les résultats obtenus sont donnés aux lignes suivantes:

	2,4,5-T ajouté (µg)	2,4,5-T récupéré (µg)
Contrôle 1 (mélange de fruits)	400	315
Contrôle 2 (mélange de fruits)	100	95

De plus, deux échantillons, provenant de l'étude des résidus dans les fruits, ont été déterminés en duplicata de façon à vérifier la reproductibilité de la méthode analytique. Il s'agit du mélange de fruits récolté 10 jours après traitement dans le projet Rimouski qui a donné 1,36 et 1,35 µg/g de poids frais et de l'échantillon de framboises récolté 6 jours après traitement dans le projet Bungay et qui a montré 3,03 et 3,44 µg/g de poids frais.

3.3 Description de l'échantillonnage

Tous les échantillons sont formés par des prélèvements dans trois stations différentes pour obtenir environ 50 g de tissus végétaux. L'échantillon composite ainsi réalisé, permet d'intégrer les variations qui peuvent être rencontrées à l'intérieur d'un même projet. (figures 3 et 4)

Chacune des stations du Framboisier, de l'Epilobe et de l'Aster, était divisée en autant de secteurs qu'il y avait de dates de récoltes, soit quatre ou cinq. La récolte des échantillons dans des secteurs adjacents permet d'éviter la contamination accidentelle du feuillage car la circulation des personnes à l'intérieur de la station est ainsi limitée.

Dans le cas du Cerisier, le feuillage fut récolté dans les mêmes stations qui avaient été établies pour l'étude des résidus dans les fruits sauvages (Léveillé et Laberge, 1984b). Ces stations n'étaient pas divisées en secteurs et les récoltes furent réparties à l'intérieur des stations.

Le protocole pour la récolte du feuillage et des ramilles des Bouleaux est différent puisque tous les échantillons furent recueillis sur les mêmes arbres (une dizaine), dans une seule station, jusqu'à la fin de la période d'échantillonnage. De plus, les échantillons sont composés de deux espèces différentes (B. alleghaniensis et B. papyrifera) plutôt que d'une seule comme c'est le cas pour les autres types d'échantillons.

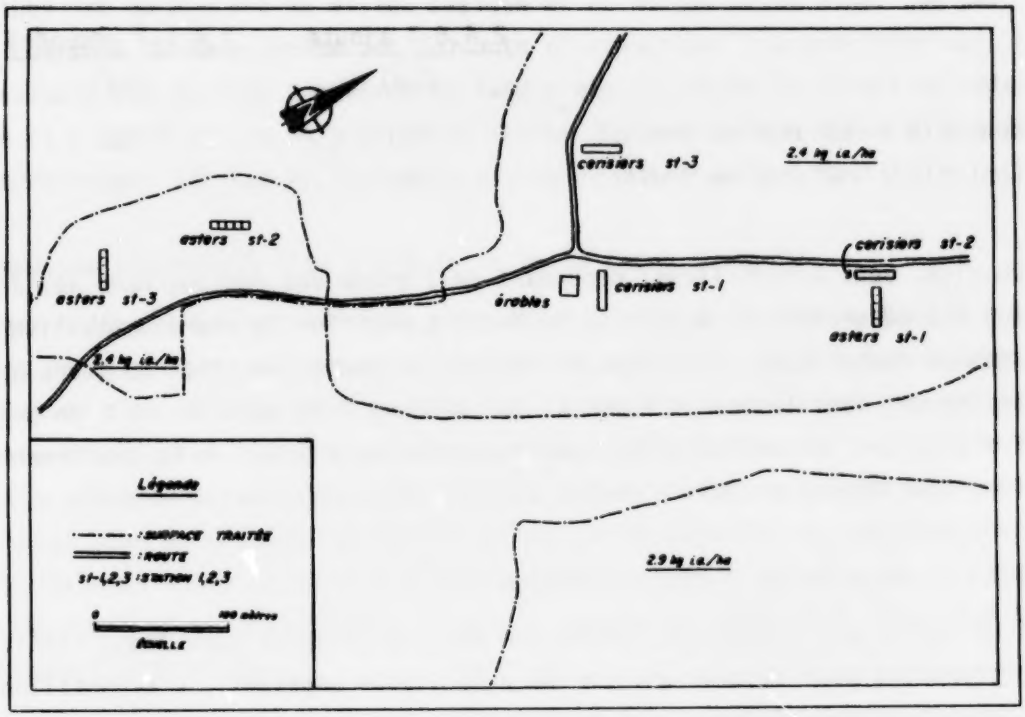


Figure 3: Projet Bungay, disposition des stations d'échantillonnage.

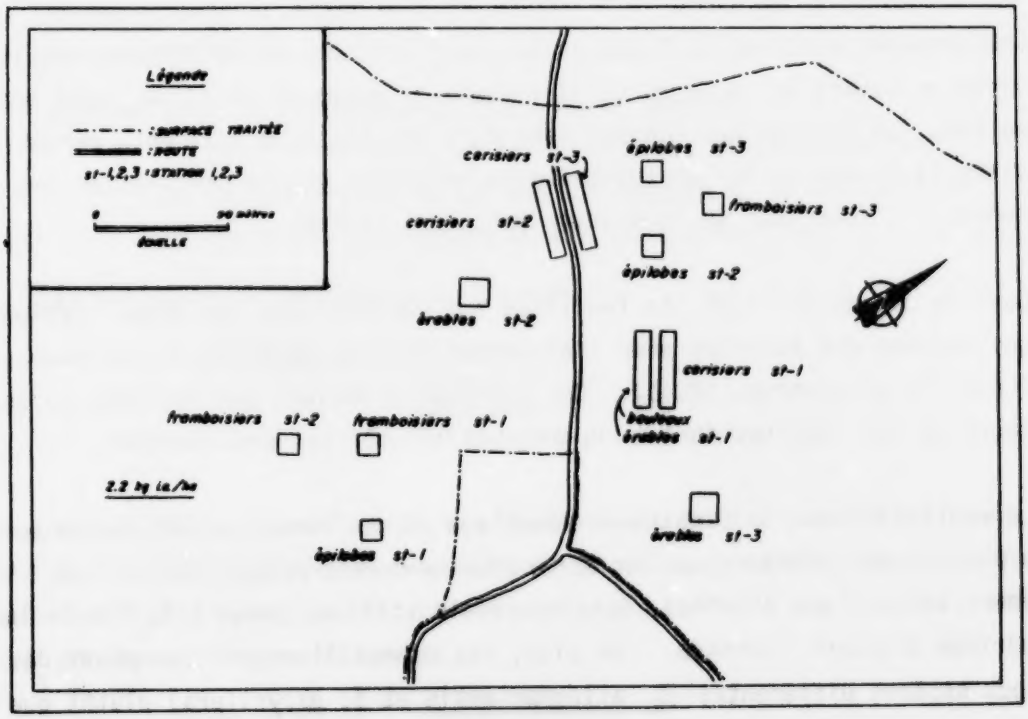


Figure 4: Projet Rimouski, disposition des stations d'échantillonnage.

La récolte des feuilles de l'Erable rouge a été réalisée dans trois stations différentes dans le projet Rimouski alors qu'une seule station fut utilisée dans le projet Bungay.

3.4 Description des stations d'échantillonnage

Les stations ont été décrites en notant d'abord le pourcentage de recouvrement du sol par la végétation, les débris de coupe, les roches et le sol à nu.

Les trois stations de récolte utilisées pour former un échantillon composite ont été regroupées par espèce et un histogramme du couvert végétal est présenté pour chaque station (figures 5 et 6). L'histogramme donne la hauteur moyenne de la strate en ordonnée. En abscisse, les strates ont été définies suivant la hauteur des espèces qui les composent. Dans plusieurs cas, une strate a été subdivisée pour tenir compte de l'importance de plusieurs espèces ou pour faire ressortir l'espèce échantillonnée. Pour chacun de ces groupes, des codes (annexe 1) indiquent le nom des principales espèces de la strate. Le pourcentage de recouvrement par strate est indiqué à l'intérieur du rectangle. Il ne peut y avoir plus de 100% de couverture végétale pour une hauteur donnée et la couverture totale ne peut excéder 100%. Lorsque la somme des strates est supérieure à la couverture totale, cela indique que certaines d'entre elles sont superposées.

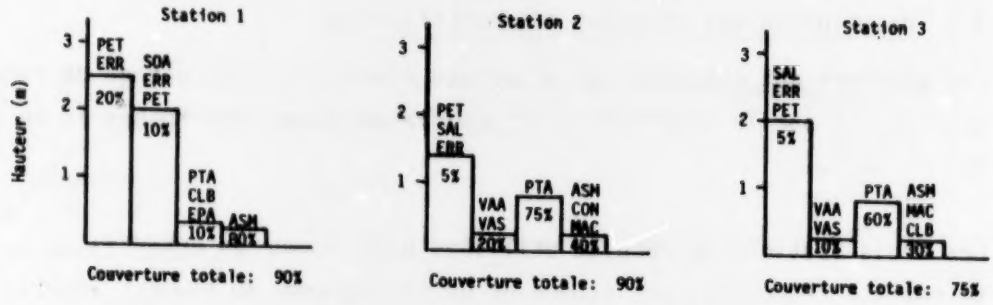
3.4.1 Description des stations du projet Bungay

Toutes les stations d'échantillonnage sont situées sur des hauts et moyens versants avec un drainage moyen. Le sol est de la classe loam-sableux avec un pH de 4,0. La couche d'humus a entre 5 et 15 cm d'épaisseur.

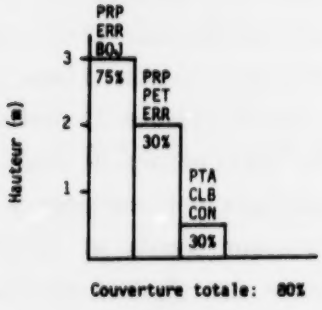
Stations de l'Aster à grandes feuilles

Pour les trois stations de l'Aster à grandes feuilles (Aster macrophyllus), les débris de coupe et le sol à nu représentent 10 à 25% du couvert total du sol. La proportion de l'Aster est très variable, de 80% à moins de 30% dans la strate herbacée basse. La couverture végétale pour les strates supérieures est importante dans les stations 2 et 3 mais beaucoup moins dans la station 1 (figure 5). Les arbustes les plus fréquemment rencontrés sont: P. tremuloides, A. rubrum et Salix sp.

ASTER A GRANDES FEUILLES



ERABLE ROUGE



CERISIER DE PENNSYLVANIE

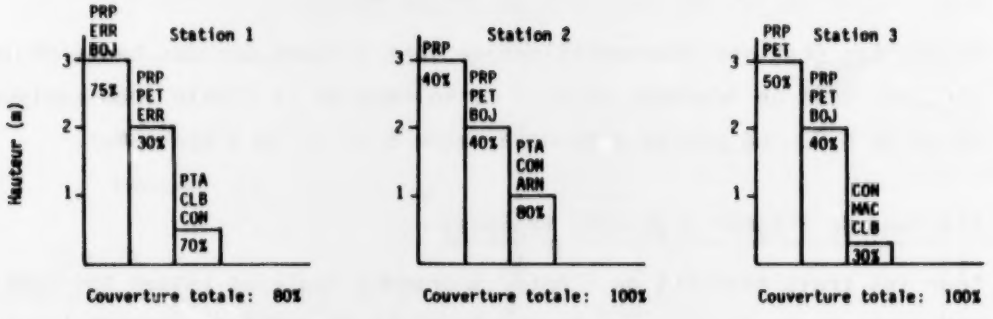


Figure 5: Physionomie du couvert végétal dans les stations de l'Aster à grandes feuilles, de l'Erable rouge et du Cerisier de Pennsylvanie du projet Bungay.

Station de l'Erable rouge

Dans la station de l'Erable rouge, les débris de coupe et le sol à nu représentent 20% d'occupation. Les arbustes dominent la station (figure 5) et les plus abondants sont: P. pensylvanica, A. rubrum, B. alleghaniensis et P. tremuloides. La strate herbacée est surtout occupée par Pteridium aquilinium, Clintonia borealis et Cornus canadensis.

Stations du Cerisier de Pennsylvanie

Dans les stations du Cerisier, P. pensylvanica, la couverture totale est de 100%, sauf dans la station 1 ou elle est complétée par 15% de débris de coupe et 5% de sol à nu. Le Cerisier domine avec P. tremuloides et B. alleghaniensis (figure 5). Sous cette strate, il y a un couvert herbacé assez important composé surtout de P. aquilinum, C. canadensis et Maianthemum canadense.

3.4.2 Description des stations du projet Rimouski

Les stations de Rimouski sont toutes localisées sur des hauts et moyens versants et présentent un drainage moyen à rapide. Le sol est un loam-sableux et a été scarifié avant la plantation. La couche de matière organique, d'un pH de 5,0, est généralement peu importante, soit de 0 à 5 cm d'épaisseur.

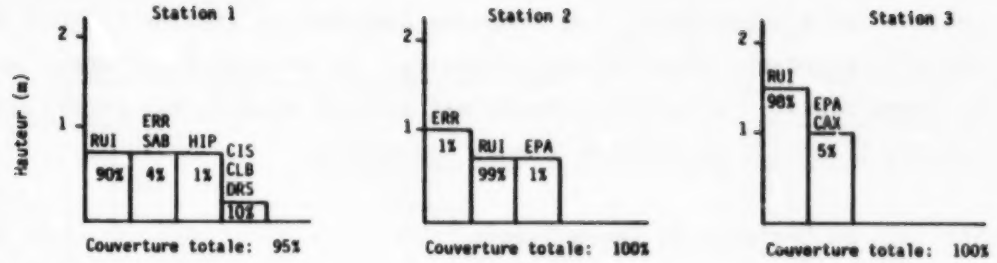
Stations du Framboisier

Le Framboisier occupe presque 100% des stations (figure 6). La hauteur varie de 0,75 à 1,5 m. Avec quelques arbustes de A. rubrum, on retrouve des herbacées comme E. angustifolium, C. borealis et Dryopteris spinulosa.

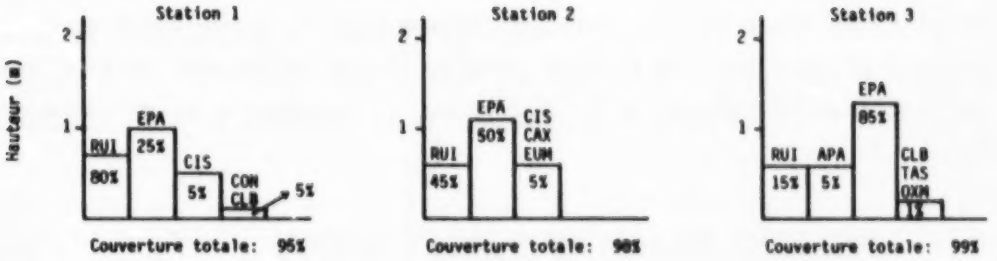
Stations de l'Epilobe à feuilles étroites

La couverture végétale est très importante dans les trois stations où elle varie de 95 à 99% (figure 6). E. angustifolium couvre respectivement 25, 50 et 85% des stations et est surtout associée à R. idaeus. On y retrouve également quelques herbacées (Cirsium sp. et Carex sp.).

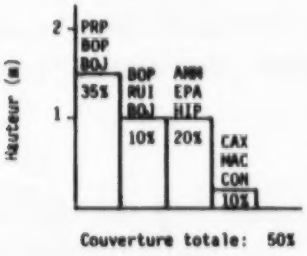
FRAMBOISIER



EPILOBE A FEUILLES ETROITES



BOULEAUX



CERISIER DE PENNSYLVANIE

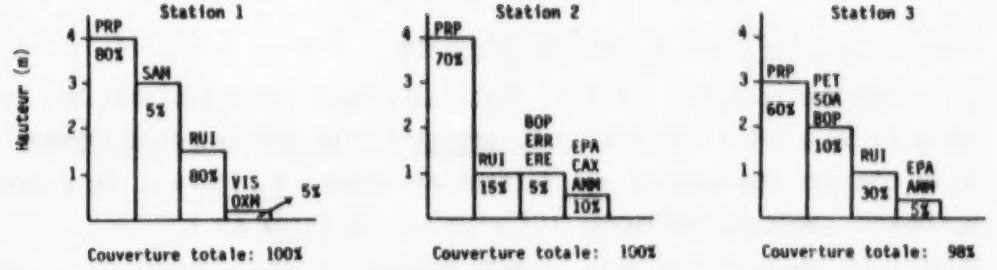


Figure 6: Physionomie du couvert végétal dans les stations du Framboisier, de l'Epilobe à feuilles étroites, des Bouleaux et du Cerisier de Pennsylvanie du projet Rimouski.

Stations de Bouleaux

La station de Bouleaux (B. alleghaniensis et B. papyrifera) est établie sur un ancien site d'empilement dont le sol est dénudé à 50%. La couverture végétale est faible, ne dépassant pas 45% pour la strate arbustive et 30% pour la strate herbacée (figure 6). Cette dernière strate est surtout constituée par Anaphalis margaritacea, E. angustifolium et Hieracium pratense. Les bouleaux échantillonnés ne dépassaient pas 1,5 m de hauteur.

Stations du Cerisier de Pennsylvanie

Le couvert végétal est presque de 100% dans les trois stations. Le P. pensylvanica domine la strate arbustive avec une hauteur moyenne de 4 m. Le Framboisier est important dans les trois stations et les herbacées sont faiblement représentées par E. angustifolium et A. margaritacea. (figure 6).

Stations de l'Erable rouge

Aucune description particulière n'a été effectuée pour ces stations car l'Erable rouge y était très dispersé.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

Les mécanismes d'action des herbicides phénoxys, dans les tissus végétaux, sont nombreux et complexes. Le 2,4,5-T peut être absorbé par les racines mais le transport vers les parties aériennes est réduit ou nul dans la plupart des espèces étudiées. L'absorption foliaire est le mécanisme d'entrée le plus efficace. Le produit doit traverser la cuticule cireuse de la feuille avant d'atteindre le cytoplasme et ce processus peut être affecté par plusieurs facteurs morphologiques, écologiques et climatiques. Le mécanisme précis de transport des résidus, du site d'absorption vers les autres parties de la plante, demeure inconnu. On considère généralement que le produit se déplace vers les parties en croissance, tiges aériennes et racines, à partir des feuilles. En conséquence, même à l'intérieur d'une même espèce, le transport variera considérablement puisqu'il est influencé par la saison et les nombreux facteurs environnementaux qui agissent sur la croissance. Finalement, la disparition des résidus se fera, à un moment ou à un autre, par volatilisation, lessivage, dégradation métabolique et même exsudation racinaire. (Conseil national de recherches Canada, 1979; Norris, 1981)

Dans le présent rapport, les résultats sont exprimés en µg de 2,4,5-T par g de matière sèche plutôt que de matière humide. Cela a été fait pour tenir compte de la grande variabilité du contenu en eau du feuillage de certaines espèces. Les résultats en poids frais (matière humide) sont cependant intégrés aux différentes figures.

4.1 Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du Framboisier

Quatre échantillons de feuillage furent récoltés sur une période de 23 jours dans le projet Rimouski où la dose était de 2,2 kg i.a./ha. Les résultats sont présentés au tableau I. Les résidus dans le Framboisier ont très peu varié durant les trois semaines couvertes par l'échantillonnage. Ils sont de l'ordre de 200 µg/g (poids sec) et c'est au dernier échantillon que l'on retrouve le maximum de résidus, 215 µg/g. Le taux d'humidité dans le feuillage était également assez stable aux environs de 55%.

Tableau I: Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du Framboisier (Rubus idaeus)

Temps après traitement (jours)	Humidité (%)	Résidus (µg/g de poids sec)
3	58,0	200
9	53,4	208
16	56,3	180
23	54,8	215

Dans une étude sur les résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du Framboisier, Norris et coll. en 1978 *in* Norris (1981) avaient retrouvé 289 mg/kg (probablement en poids frais) deux heures après un traitement de 2,24 kg/ha. Ces résidus diminuaient à 156 mg/kg après 7 jours puis à 48 mg/kg après 30 jours. Les résultats de la présente étude (figure 7), ne montrent pas de diminution dans le premier mois qui suit le traitement. Après cette période de 23 jours, presque tout le feuillage des framboisiers était tombé au sol et l'échantillonnage fut donc interrompu.

Dans une autre étude de Norris et coll. (1977) portant sur une période beaucoup plus longue que la nôtre, les résidus de 2,4,5-T dans une espèce de Rubus, étaient en moyenne de 45 mg/kg immédiatement après un traitement de 2,24 kg/ha et diminuaient à 0,59 mg/kg après un mois et à 0,03 mg/kg un an après le traitement. Comme le montre les histogrammes (figure 6), les Framboisiers dans les stations du projet Rimouski étaient directement exposés au produit et cela pourrait expliquer que les résidus y soient élevés. L'absence de diminution des résidus dans le feuillage demeure inexpliquée. Les résidus dans les fruits de la même espèce avaient montré une forte diminution dans ces mêmes projets (Léveillé et Laberge, 1984b).

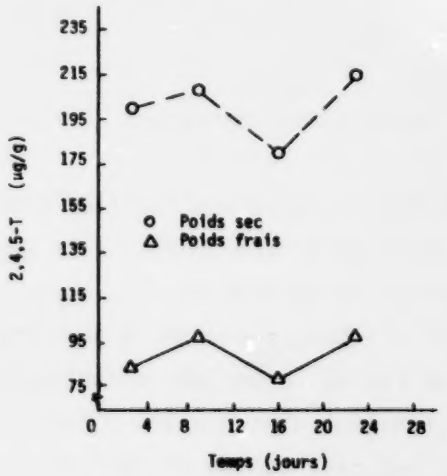


Figure 7: Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles du Framboisier (Rubus idaeus) du projet Rimouski.

La différence d'activité métabolique entre les différents tissus pourrait expliquer ces différences de comportement. Norris et coll. (1977) soulèvent cette hypothèse en ce qui concerne les différences interspécifiques.

4.2 Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage de deux espèces herbacées

Deux espèces de plantes herbacées ont été échantillonnées pour connaître le comportement dans ce type de végétation (tableau II). La première, l'Epilobe à feuilles étroites, fut échantillonnée dans le projet Rimouski (2,2 kg i.a./ha). La deuxième, l'Aster à grandes feuilles, fut échantillonnée dans le projet Bungay après un traitement de 2,4 kg i.a./ha.

Tableau II: Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage de l'Aster à grandes feuilles (Aster macrophyllus) et de l'Epilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium).

Epilobium angustifolium			Aster macrophyllus		
Temps* (jours)	Humidité (%)	Résidus (µg/g poids sec)	Temps* (jours)	Humidité (%)	Résidus (µg/g poids sec)
2	56,0	42,0	3	81,7	67,1
9	70,3	53,9	9	69,2	23,1
16	57,3	70,3	15	71,1	29,0
23	23,2	39,1	23	67,5	8,8
30	14,7	38,0	30	66,7	8,4

* Temps après traitement

Les résidus dans les feuilles d'Epilobe étaient de 42,0 µg/g (poids sec) 2 jours après traitement. Ils augmentèrent de 66% après 14 jours pour atteindre le maximum de 70,3 µg/g. Lors des troisième et quatrième semaines, ils sont descendus à peu près au niveau de départ soit à 38,0 µg/g. A la fin de la période d'échantillonnage les feuilles de l'Epilobe ne contenaient plus que 14% d'humidité; la figure 8 illustre les résultats sur une base humide et sur une base sèche. Le peu de variation des résultats observé sur une base humide est donc associé à la variation du contenu en eau des feuilles. Il faut souligner ici l'importance de noter le contenu en eau des tissus échantillonnés.

Les feuilles de l'Aster contenaient des résidus de 67,1 µg/g trois jours après traitement. Après la première et la deuxième semaine, les résidus ont diminué fortement par rapport à la quantité initiale et se situaient à 23,1 et 29,0 µg/g. Ils diminuaient encore et étaient de 8,8 et 8,4 µg/g après la troisième et la quatrième semaine (figure 9).

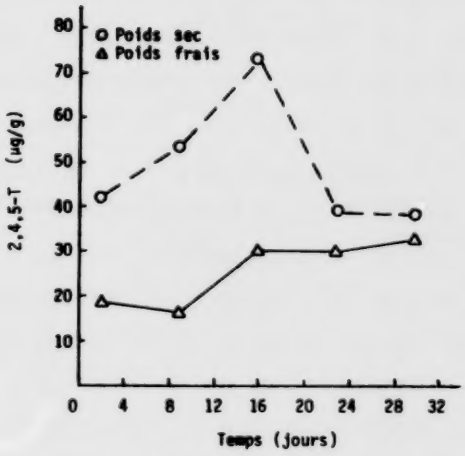


Figure 8: Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles de l'Epilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium) du projet Rimouski.

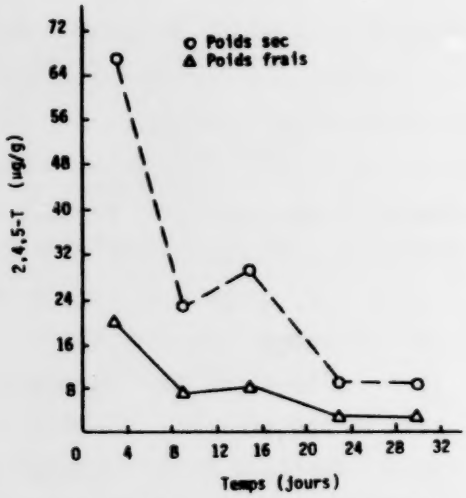


Figure 9: Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles de l'Aster à grandes feuilles (Aster macrophyllus) du projet Bungay.

4.3 Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage et les ramilles d'espèces ligneuses

Le feuillage et les ramilles de Bouleaux ont été échantillonnés de façon intensive jusqu'à trente jours après traitement dans le projet Rimouski. Le feuillage de l'Erable rouge et celui du Cerisier de Pennsylvanie ont été recueillis dans les deux projets, trois et quatre semaines après traitement, pour obtenir des points de comparaison avec les Bouleaux.

Tableau III: Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage et les ramilles de Bouleaux (Betula alleghaniensis et B. papyrifera).

Feuillage			Ramilles		
Temps* (jours)	Humidité (%)	Résidus (µg/g poids sec)	Temps* (jours)	Humidité (%)	Résidus (µg/g poids sec)
4	67,6	207,0	5	63,3	40,9
9	49,9	168,0	10	66,0	55,9
16	20,8	103,0	16	62,0	49,5
23	11,1	84,4	23	57,9	33,3
30	9,6	102,0	30	40,0	27,7

* Temps après traitement

Quatre jours après traitement, la quantité dans le feuillage des bouleaux (tableau III), était de 207 µg/g et elle diminua graduellement à 168, 103 et 84 µg/g dans les trois semaines qui suivirent. Cette diminution de 60% des résidus, fut suivie d'une faible remontée à 102 µg/g au dernier échantillon récolté 30 jours après le traitement (figure 10). Pendant cette période, le taux d'humidité dans le feuillage passa de 67,6% à 9,6% indiquant sans doute une forte réaction au produit.

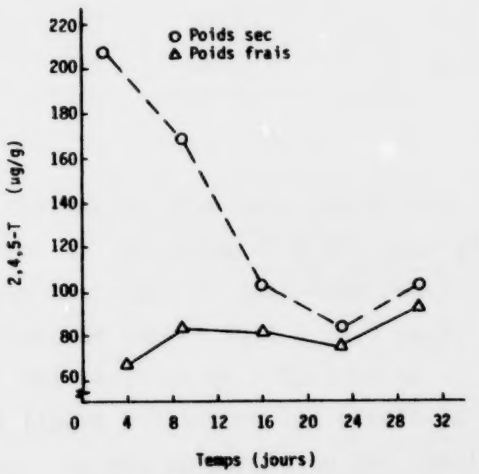


Figure 10: Résidus de 2,4,5-T dans les feuilles de Bouleaux (Betula alleghaniensis et B. papyrifera) du projet Rimouski.

Le comportement dans le feuillage est confirmé par les résultats dans les ramilles (figure 11). Après une augmentation dans la première semaine, représentant probablement le temps de transport du produit des feuilles jusqu'aux ramilles, il y a encore une fois une diminution graduelle des résidus à chaque semaine incluant la dernière semaine. Cette diminution, par rapport au maximum retrouvé après 10 jours, est de l'ordre de 50%.

Nos résultats ne couvrent qu'une courte période après traitement. Deux à trois mois après traitement avec un mélange de 2,4-D (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique) et de 2,4,5-T à 2,5 kg i.a./ha, Mukula et coll. (1978) retrouvaient une moyenne de 12 mg/kg (probablement en poids frais) de résidus totaux de 2,4-D et de 2,4,5-T, dans un mélange de feuillage et de ramilles de Bouleaux (Betula sp.). Huit mois après traitement, dans des échantillons de ramilles seulement, les résidus totaux étaient de 7 mg/kg. Un seul échantillon fut récolté peu de temps après traitement (2,5 semaines) et les résidus totaux étaient de 42 mg/kg dans un mélange de feuilles et de ramilles, ce qui est comparable à nos résultats. Les niveaux de résidus retrouvés par ces auteurs sont bas, puisque récoltés plusieurs mois après traitement, mais ils indiquent que des résidus peuvent persister plusieurs mois.

Les résultats pour le Cerisier de Pennsylvanie et l'Erable rouge sont donnés au tableau IV. En ce qui concerne le Cerisier, le résultat d'un seul échantillon dans le projet Bungay est plus faible que ceux dans le projet Rimouski même s'il a été récolté avant ceux-ci. Les échantillons du projet Rimouski à 117 µg/g et 88 µg/g montrent une diminution des résidus de la troisième à la quatrième semaine.

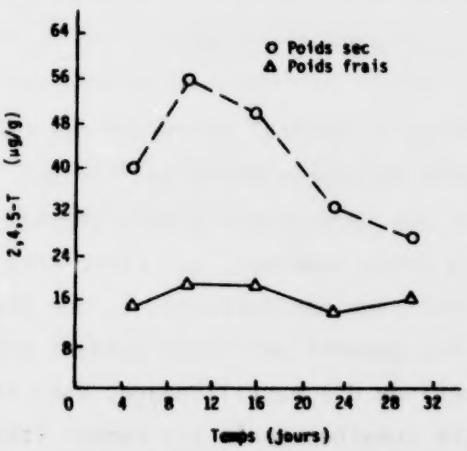


Figure 11: Résidus de 2,4,5-T dans les ramilles de Bouleaux (Betula alleghaniensis et B. papyrifera) du projet Rimouski.

L'Erable rouge montre des résidus de 71,7 µg/g dans le projet Bungay, 26 jours après traitement. Dans le projet Rimouski, on retrouve 64,1 µg/g dans le feuillage et 25,6 µg/g dans les ramilles pour des échantillons récoltés 30 jours après traitement. Ces résidus sont comparables à ceux des Bouleaux autant pour le feuillage que pour les ramilles. Ces échantillons ponctuels ont été récoltés pour vérifier la variabilité des résultats chez les espèces ligneuses.

Tableau IV: Résidus de 2,4,5-T dans le feuillage du Cerisier de Pennsylvanie (Prunus pensylvanica) et dans le feuillage et les ramilles de l'Erable rouge (Acer rubrum).

Echantillon	Temps* (jours)	Humidité (%)	Résidus (µg/g poids sec)	Projet et dose (kg i.a./ha)
Prunus pensylvanica				
Feuillage	19	24,0	58,8	Bungay à 2,4 kg
"	23	24,3	117,0	Rimouski à 2,2 kg
"	30	10,3	88,0	Rimouski à 2,2 kg
Acer rubrum				
Feuillage	26	17,9	71,7	Bungay à 2,4 kg
"	30	51,3	64,1	Rimouski à 2,2 kg
Ramilles	30	53,9	25,6	Rimouski à 2,2 kg

* Temps après traitement

Le Conseil national de recherches Canada (1979) mentionne que l'espèce influence le comportement des résidus. Il note que plusieurs auteurs ont observé une persistance à deux phases: une phase de diminution rapide, de une à trois semaines, qui représente probablement la volatilisation et/ou le lessivage des surfaces, et une phase lente où de faibles quantités des résidus peuvent persister pendant plus de cinq mois chez certaines espèces. La période d'échantillonnage, dans le présent travail, ne s'étend que sur quatre semaines après traitement (période de la phase rapide) et, seul l'Aster a montré une diminution importante des résidus. Nous n'avons donc pas observé les effets dus à la volatilisation et/ou au lessivage cités précédemment chez les autres espèces.

5. CONCLUSION

Le comportement des résidus de 2,4,5-T dans le feuillage des différentes espèces échantillonnées n'est pas uniforme. En effet, chez le Framboisier, les résidus sont stables à 200 µg/g pendant le mois d'échantillonnage après traitement. Chez l'Epilobe, par contre, on a les mêmes résidus au début et à la fin de la période d'échantillonnage soit 40 µg/g, mais on note un pic à 70 µg/g au milieu de la période. Chez les Bouleaux, les résidus passent de 200 à 100 µg/g dans les deux premières semaines après traitement mais demeurent stables par la suite. Finalement chez l'Aster, on note une diminution des résidus qui passent de 67 à 8 µg/g pendant le mois d'échantillonnage. Pour ce qui est des ramilles de Bouleaux, les résidus sont passés de 56 à 28 µg/g pendant la même période.

Les résidus de 2,4,5-T dans le feuillage et les ramilles de Cerisiers et de Framboisiers sont plus élevés que ceux retrouvés dans les fruits des mêmes espèces puisque ceux-ci étaient de l'ordre de 3 µg/g (poids frais) le premier mois après traitement (Léveillé et Laberge, 1984b).

Les niveaux de résidus et leur comportement sont comparable à ce que l'on retrouve généralement dans la littérature. Cependant, comme le comportement est très variable d'une espèce à l'autre et d'un tissu à l'autre, et qu'il y a peu de documents concernant les espèces du Québec, il serait donc préférable que d'autres travaux soient effectués au Québec. Ces travaux devraient viser des espèces susceptibles d'être utilisées comme source de nourriture par la faune ou l'homme. Il y aurait lieu d'étudier différents tissus (feuilles, ramilles, fruits, etc.) et d'envisager un suivi même après leur chute au sol.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1983a. "Rapport arrosages terrestres, projets: 11183274 et 11183275. Cantons: Asselin et Bungay". Document interne, ministère de l'Energie et des Ressources, U.G. Grand-Portage, non paginé.

ANONYME, 1983b. "Rapport arrosages terrestres, projet: 12183271. Lac Côté". Document interne, ministère de l'Energie et des Ressources, U.G. Bas St-Laurent, non paginé.

BELANGER, P., L. LABERGE, R. LAMARRE et P. LEVEILLE, 1982. "Etude d'impact sur l'environnement des pulvérisations aériennes de phytocides en milieu forestier". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, 486 p.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA, 1979. " Herbicides phénoxy- Analyse de leurs effets sur l'état de l'environnement accompagnée de critères scientifiques à l'égard de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD)". Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, CNRC No. 16076, Ottawa, Canada. 452 p.

LABERGE, L. et P. LEVEILLE, (———). " Résidus de 2,4,5-T dans le sol forestier après pulvérisations terrestres en 1983". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, document en préparation.

LEVEILLE, P. et L. LABERGE, 1984a. "Concentrations résiduelles de 2,4,5-T en milieu aquatique après pulvérisations terrestres en milieu forestier (1983)". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, publication no. 3309, 19 p.

LEVEILLE, P. et L. LABERGE, 1984b. "Résidus de 2,4,5-T dans les fruits sauvages après pulvérisations terrestres en milieu forestier (1983)". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, publication no. 3310, 20 p.

MUKULA, J., H. SILTANEN, C.H. ROSENBERG, J. IDANPAAN-HEIKKILA and R. LALLUKKA, 1978. "Phenoxy herbicide residues in cowberries, mushrooms and the twigs of some forest plants". Annales Agriculturae Fenniae, vol. 17, no. 1, pp. 23-31.

NORRIS, L.A., 1981. "The movement, persistence and fate of the phenoxy herbicides and TCDD in the forest". Residue Reviews, F.A. Gunther, ed., Springer-Verlag, New-York, vol. 80, pp. 65-135.

NORRIS, L.A., M.L. MONTGOMERY and E.R. JOHNSON, 1977. " The persistence of 2,4,5-T in a Pacific Northwest Forest". Weed Science, vol. 25, no. 5, pp. 417-422.

TAT-HA, C., 1984. " Programme de surveillance biologique de l'exposition professionnelle au 2,4,5-T des travailleurs forestiers à l'emploi du ministère de l'Energie et des Ressources pour la période de pulvérisation d'été 1983". Centre de Toxicologie du Québec, Centre Hospitalier de l'Université Laval, Québec, 22 p.

ANNEXE 1

CODES D'IDENTIFICATION DES ESPECES VEGETALES

ANM =	*Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. et Hook.
APA =	*Apocynum androsaemifolium* L.
ASM =	*Aster macrophyllus* L.
BOJ =	*Betula alleghaniensis* Britton.
BOP =	*Betula papyrifera* Marsh.
CAX =	*Carex* sp.
CIS =	*Cirsium* sp.
CLB =	*Clintonia borealis* (Ait.) Raf.
CON =	*Cornus canadensis* L.
DRS =	*Dryopteris spinulosa* (O.F. Muell.) Watt
EPA =	*Epilobium angustifolium* L.
ERR =	*Acer rubrum* L.
EUM =	*Eupatorium maculatum* L.
HIP =	*Hieracium pratense* Tausch
MAC =	*Maianthemum canadense* Desf.
OXM =	*Oxalis montana* Raf.
PET =	*Populus tremuloides* Michx.
PRP =	*Prunus pensylvanica* L. f.
PTA =	*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.
RUI =	*Rubus idaeus* L.
SAB =	*Abies balsamea* (L.) Miller.
SAL =	*Salix* sp.
SAM =	*Sambuscus pubens* Michx.
SOA =	*Sorbus americana* Marsh.
TAS =	*Taraxacum* sp.
VAA =	*Vaccinium angustifolium* Ait.
VAS =	*Vaccinium myrtilloides* Michx.
VIS =	*Viola* sp.